

**Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung der  
Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem  
Gleichwellennetz**

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz von mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz.

Der terrestrische digitale Hör- und TV-Rundfunk (DAB und  
10 DVB-T) wird mittels digitalen Mehrträgerverfahren (z. B. OFDM = orthogonal frequency division multiplexing) über ein Netz von Sendern übertragen, die phasen- und frequenz-synchron über ein Gleichwellennetz im Sendegebiet ausstrahlen.

15

Zur effizienten Nutzung der vorhandenen Frequenzressourcen strahlen alle Sender eines Gleichwellennetzes zeitgleich ein identisches Sendesignal aus. Neben der Phasensynchronität muß in einem Gleichwellennetz deshalb auch die  
20 Identität der auszustrahlenden Trägerfrequenz bei den einzelnen Sendern gewährleistet sein.

In der DE 199 37 457 A1 wird ein Verfahren zur Überwachung der Phasensynchronität der einzelnen Sender eines Gleichwellennetzes vorgestellt. Eine auftretende Phasenasynchronität zweier Sender wird über eine Laufzeitdifferenzmessung durch Ermittlung der Kanalimpulsantworten der beiden Sender erfasst. Liegt eine Abweichung zwischen der gemessenen Laufzeitdifferenz der beiden Sender und einer  
25 Referenzlaufzeitdifferenz für den synchronen Betriebsfall der beiden Sender in größerem Umfang vor, so strahlen die beiden Sender asynchron aus. Diese Abweichung der Laufzeitdifferenz wird von einer Empfangsstation im Sendegebiet des Gleichwellennetzes durch Auswertung der  
30 Kanalimpulsantworten ermittelt und den beiden phasen-asynchronen Sendern für eine nachträgliche Synchronisierung übermittelt. Ein Verfahren zur Überwachung identischer Trägerfrequenzen bei zwei Sendern in einem

Gleichwellennetz kann der DE 199 37 457 A1 nicht entnommen werden.

Die Synchronisierung von Sendern in einem Gleichwellennetz  
5 hinsichtlich identischer Trägerfrequenz ist in der DE 43  
41 211 C1 beschrieben. Hierbei überträgt eine Zentrale den  
einzelnen Sendern des Gleichwellennetzes neben den Über-  
tragungsdaten auch ein Frequenzreferenzsymbol. Dieses  
Frequenzreferenzsymbol wird von jedem Sender des Gleich-  
10 wellennetzes ausgewertet und für eine Synchronisierung der  
Trägerfrequenz an die Frequenzreferenz herangezogen.

Nachteilig an diesem Verfahren ist die Tatsache, dass die  
Auswertung der Synchronität der Trägerfrequenz von jedem  
15 Sender einzeln durchgeführt wird. Diese senderspezifische  
Auswertung der Frequenzsynchronität der Trägerfrequenz  
kann folglich mit einem gewissen senderspezifischen  
Vermessungs- und Auswertungsfehler behaftet sein, der zu  
einer uneinheitlichen Überwachung der Trägerfrequenz aller  
20 im Gleichwellennetz beteiligten Sender führen kann.  
Hinzukommt, dass die Überwachung der Trägerfrequenz bei  
jedem einzelnen Sender eine Synchronisierung der einzelnen  
Sender mittels einer Zeit-Referenz erforderlich macht, die  
vom einzelnen Sender beispielsweise über GPS empfangen  
25 wird. Schließlich findet die Frequenzsynchronisierung in  
der Schaltungsanordnung der DE 43 41 211 C1 vor der  
Modulation statt, so dass eine nachträgliche Frequenz-  
verschiebung der Trägerfrequenz durch nachfolgende Funk-  
tionseinheiten des Senders nicht ausgeschlossen ist. Alle  
30 diese Schwachpunkte können zu einem unerwünschten Empfang  
unterschiedlicher Trägerfrequenzen der einzelnen Sender in  
einem an einem beliebigen Ort im Sendegebiet des Gleich-  
wellennetzes positionierten Empfänger führen.

35 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein  
Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung der  
Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleich-  
wellennetz anzugeben, bei dem die Synchronität der  
Trägerfrequenzen der einzelnen Sender einheitlich durch

eine einzige Meßanordnung, die an einer beliebigen Stelle im Sendegebiet des Gleichwellennetzes positioniert sein kann, ohne Synchronisierung der Meßanordnung mittels einer Zeit-Referenz überwacht wird.

5

Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12  
10 oder 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Überwachung der Trägerfrequenzstabilität der zu einem Gleichwellennetz gehörigen Sender erfolgt über eine  
15 einzige Empfangseinrichtung, die im Sendegebiet des Gleichwellennetzes an einem beliebigen Ort positioniert ist. Die Empfangseinrichtung ermittelt aus der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals vorzugsweise mittels der inversen komplexen Fourier-Transformation den  
20 Verlauf der Summenimpulsantwort sämtlicher Sender zu zwei verschiedenen Zeitpunkten. Die zum jeweiligen Sender gehörigen Impulsantworten werden aus den beiden Summenimpulsantworten ausgeblendet, nachdem deren Phasenlage zur Phasenlage der beiden Impulsantworten eines  
25 Bezugssenders des Gleichwellennetzes in Relation gesetzt wurden. Anschließend werden die Phasenverläufe der beiden zum jeweiligen Sender gehörigen Impulsantworten ermittelt, aus denen wiederum für jeden Sender die Phasenverschiebungsdifferenz der Impulsantwort des jeweiligen  
30 Senders zur Phasenlage der Impulsantwort des Bezugssenders zwischen zwei Beobachtungszeitpunkten abgeleitet wird. Aus dem Verlauf der Phasenverschiebungsdifferenz kann, wie weiter unten noch im Detail gezeigt wird, die Trägerfrequenzverschiebung jedes Senders zur Träger-  
35 frequenz eines Bezugssenders des Gleichwellennetzes berechnet werden.

Zur eindeutigen Identifizierung einer dauerhaften Trägerfrequenzverschiebung bei einem Sender des Gleichwellen-

netzes werden die Summenimpulsantworten sämtlicher Sender aus der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals durch Anwendung der inversen komplexen Fourier-Transformation zu mehreren verschiedenen Zeitpunkten wiederholt durchgeführt und darauf aufbauend die Trägerfrequenzverschiebung jedes Senders zur Trägerfrequenz eines Bezugssenders des Gleichwellennetzes wiederholt berechnet und einer anschließenden Mittelung zugeführt.

- 10 Sinkt die Phasenverschiebungsdifferenz eines Senders zwischen zwei Zeitpunkten auf einen Wert kleiner  $-\pi$  bzw. übersteigt die Phasenverschiebungsdifferenz eines Senders zwischen zwei Zeitpunkten auf einen Wert größer  $+\pi$ , so wird der Wert der Phasenverschiebungsdifferenz des
- 15 jeweiligen Senders zwischen zwei Zeitpunkten in diesem Zeitabschnitt um den Wert  $+2\pi$  erhöht bzw. um  $2\pi$  reduziert. Auf diese Weise wird die Phasenverschiebungsdifferenz auf Werte zwischen  $-\pi$  und  $+\pi$  begrenzt.
- 20 Die Gewinnung der Impulsantwort jedes Senders des Gleichwellennetzes erfolgt durch Ermittlung der Koeffizienten der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals aus den Koeffizienten des an den Übertragungskanal angepaßten Entzerrers in der Empfangseinrichtung und anschließende
- 25 Berechnung der inversen Fourier-Transformation. Beim digitalen terrestrischen TV-Rundfunk (DVB-T) kann die Impulsantwort für jeden Sender alternativ aus der inversen Fourier-Transformation der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals durch Auswertung der zu den verstreuten
- 30 Pilotträgern gehörigen OFDM-modulierten Übertragungssignale abgeleitet werden.

Zwei Ausführungsformen der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachfolgend näher beschrieben. Es

35 zeigen:

Fig. 1 eine funktionale Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Überwachung der

Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;

- 5  
Fig. 2 ein Beispiel für eine grafische Darstellung der zeitdiskreten Summenimpulsantwort;
- 10  
Fig. 3 ein Beispiel für eine grafische Darstellung für eine Verlaufsänderung der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals;
- 15  
Fig. 4A ein Flußdiagramm zur Erläuterung der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;
- 20  
Fig. 4B ein Flußdiagramm zur Erläuterung der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;
- 25  
Fig. 5A eine beispielhafte Ergebnisdarstellung der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;
- 30  
Fig. 5B eine beispielhafte Ergebnisdarstellung der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz;
- 35  
Fig. 6A eine beispielhafte dreidimensionale grafische Darstellung der Amplituden- und Trägerfrequenzabweichung und
- Fig. 6B eine beispielhafte zweidimensionale grafische Darstellung der Amplituden- und Trägerfrequenzabweichung.



Das erfindungsgemäße Verfahren zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz wird in seinen beiden Ausführungsformen  
 5 nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis Fig. 5 beschrieben.

Die in einem Gleichwellennetz positionierten Sender  $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$ , beispielsweise gemäß Fig. 1 die Sender  $S_1$ ,  
 10  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  und  $S_5$ , strahlen z.B. im Rahmen des digitalen Hör- und TV-Rundfunks jeweils ein identisches phasen- und frequenzsynchrones Signal  $s(t)$  aus. Eine Empfangseinrichtung E, die im Sendegebiet des Gleichwellennetzes positioniert ist, empfängt ein Empfangssignal  $e(t)$  als  
 15 Überlagerung sämtlicher zu den einzelnen Sendern  $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$  gehörigen Empfangssignale  $e_i(t)$ . Dieses überlagerte Empfangssignal  $e(t)$  weist gemäß Gleichung (1) folgenden Zeitverlauf auf:

$$20 \quad e(t) = \sum_{i=0}^n e_i(t) = s(t) + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\omega_i t} * s(t - \tau_i) \quad (1)$$

Im Rahmen der folgenden Betrachtungen wird beispielsweise der Sender  $S_0$  zum Bezugssender des Gleichwellennetzes definiert. Die Dämpfungs- und Phasenverzerrungen sowie die  
 25 Laufzeiten, die die Sendesignale  $s(t)$  der einzelnen Sender  $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$  im Übertragungskanal zur Empfangseinrichtung E erfahren, werden jeweils in Relation zur Dämpfungs- und Phasenverzerrung sowie zur Laufzeit des Bezugssenders  $S_0$  gesetzt. Das in der Empfangseinrichtung E  
 30 empfangene Signal  $e_0(t)$  des Bezugssenders  $S_0$  in Gleichung (1) entspricht deshalb seinem Sendesignal  $s(t)$ .

Die Amplitude  $v_i$  des Empfangssignals  $e_i(t)$  der übrigen Sender  $S_1$  bis  $S_n$  ergibt sich gemäß Gleichung (2) aus der  
 35 Dämpfungsnormierung als Quotient zwischen der Amplitude des Empfangssignals  $e_i(t)$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zur Amplitude des Empfangssignals  $e_0(t)$  des Bezugssenders  $S_0$ :

$$v_i = |e_i / e_0| \quad (2)$$

Die Laufzeitdifferenz  $\tau_i$  der Sender  $S_i$  bis  $S_n$  lässt sich gemäß Gleichung (3) aus der Differenz zwischen der Laufzeit  $t_i$  des Senders  $S_i$  und der Laufzeit  $t_0$  des Bezugssenders  $S_0$  ermitteln:

$$\tau_i = t_i - t_0 \quad (3)$$

Die Laufzeitdifferenzen  $\tau_i$  der einzelnen Sender  $S_0$  bis  $S_n$  beruhen auf folgenden Effekten:

- unterschiedliche Laufzeiten aufgrund unterschiedlicher Wegstrecken zwischen den jeweiligen Sendern  $S_i$  und der Empfangseinrichtung E und
- unterschiedliche Phasenverzerrungen der Sendesignale  $s(t)$  der jeweiligen Sender  $S_i$  in den unterschiedlichen Übertragungsstrecken zur Empfangseinrichtung E.

20

Eine zusätzliche Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i$  zwischen einem Sender  $S_i$  und dem Bezugssender  $S_0$  kann bei der Phasennormierung des Empfangssignals  $e(t)$  auftreten, wenn gemäß Gleichung (4) ein Unterschied in der Trägerfrequenz  $\omega_i$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$  auftritt:

$$\begin{aligned} \Delta\Theta_i &= \Theta_i - \Theta_0 = \omega_i * t - \omega_0 * t = (\Delta\omega_i + \omega_0) * t - \omega_0 * t \\ &= \Delta\omega_i * t \end{aligned} \quad (4)$$

30

Die Trägerfrequenzabweichung  $\Delta\omega_i$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$  führt gemäß Gleichung (4) zu einer Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i(t)$  des zum jeweiligen Sender  $S_i$  gehörigen Empfangssignals  $e_i(t)$

35

Unter Berücksichtigung der Beziehung in Gleichung (4) wird Gleichung (1) für den Zeitverlauf des Empfangssignals  $e(t)$  nach Gleichung (5) übergeführt.

$$e(t) = s(t) + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i(t)} * s(t - \tau_i) \quad (5)$$

Setzt man gemäß Gleichung (6) voraus, daß die Zeitdauer  $\Delta t_b$  für die Beobachtung des Empfangssignals  $e_i(t)$  wesentlich kleiner ist als die Periodendauern aller Phasenrotationen  $\Delta\Theta_i(t)$  der Empfangssignale  $e_i(t)$  aufgrund einer Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_i$  des jeweiligen Senders  $S_i$ , so kann davon ausgegangen werden, dass die Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i$  des Empfangssignals  $e_i(t)$  innerhalb dieses Zeitschlitzes  $\Delta t_b$  näherungsweise konstant ist.

$$\Delta t_b \ll 2\pi / \max\{\Delta\omega_i\} \quad (6)$$

Gleichung (5) für den Zeitverlauf des Empfangssignals  $e(t)$  geht für den Zeitbereich des Zeitschlitzes  $\Delta t_b$  in Gleichung (7) über.

$$e(t) = s(t) + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i} * s(t - \tau_i) \quad (7)$$

In Fig. 2 ist der Zusammenhang der Normierung des Empfangssignals  $e_i(t)$  eines Senders  $S_i$  zum Empfangssignal  $e_0(t)$  eines Bezugssenders  $S_0$  hinsichtlich der Dämpfung und der Laufzeit dargestellt.

Bei bekannter Übertragungsfunktion des Übertragungskanals des aus den Sendern  $S_0$  bis  $S_n$  bestehenden Gleichwellennetzes (single frequency network) kann das Empfangssignal  $e(t)$  durch die jeweiligen Impulsantworten  $h_{SFNi}(t)$  der Sender  $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$  zusammengesetzte Summenimpulsantwort  $h_{SFN}(t)$  des Übertragungskanals des Gleichwellennetzes (single frequency network) gemäß der Gleichung

$$h_{SFN}(t) = \sum_{i=0}^n h_{SFNi}(t) = \delta(t) + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i} * \delta(t - \tau_i) \quad (8)$$

aufgefaßt werden.



Das Frequenzspektrum  $E(\omega)$  des Empfangssignals  $e(t)$  in Gleichung (9) ergibt sich aus der Fourier-Transformation des Empfangssignals  $h_{\text{SFN}}(t)$  gemäß Gleichung (8) multipliziert mit der Übertragungsfunktion  $S(\omega)$  des Übertragungs-

5 kanals des Gleichwellennetzes:

$$E(\omega) = S(\omega) * \left(1 + \sum_{i=1}^n v_i * e^{j\Delta\Theta_i} * e^{-j\omega\tau_i}\right) = S(\omega) * H_{\text{SFN}}(\omega) \quad (9)$$

Der Klammerterm des Frequenzspektrums  $E(\omega)$  des Empfangs-

10 signals  $e(t)$  in Gleichung (9) entspricht der Übertragungsfunktion  $H_{\text{SFN}}(\omega)$  des Übertragungskanals des Gleichwellennetzes. Er besteht aus einer Summe von Zeigern, deren Phase sich mit dem Term  $-j\omega\tau_i$  ändern und für einen bestimmten Zeitpunkt  $t$  eine konstante Phasenverschiebung

15  $\Delta\Theta_i = \Delta\omega_i * t$  aufweisen.

Der Betrag der Übertragungsfunktion  $|H_{\text{SFN}}(f)|$  für ein Gleichwellennetz mit einem Bezugssender  $S_0$  und einem zweiten Sender  $S_1$  ist über der Frequenz  $f$  in Fig. 3

20 dargestellt. Der Betrag der Übertragungsfunktion  $|H_{\text{SFN}}(f)|$  weist einen periodischen Kurvenverlauf mit einer Periodendauer von  $1/\tau_1$  auf. Der Verlauf des Betrags der Übertragungsfunktion  $|H_{\text{SFN}}(f)|$  verschiebt sich von einem periodischen Kurvenverlauf zum Zeitpunkt  $t=t_1$  (durchgezogene Linie) zu einem ebenfalls periodischen Kurvenverlauf gleicher Periodendauer zum späteren Zeitpunkt  $t=t_2 > t_1$  (gestrichelte Linie) aufgrund des Einflusses der Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_1$  des Empfangssignals  $e_1(t)$  des Senders  $S_1$  zum Empfangssignal  $e_0(t)$  des Bezugssenders  $S_0$  aufgrund

25 einer Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_1$  des Senders  $S_1$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Senders  $S_0$ .

30

Die Geschwindigkeit der Verschiebung des Verlaufs des Betrags der Übertragungsfunktion  $|H_{\text{SFN}}(f)|$  wird bestimmt

35 durch die Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_1$  des Senders  $S_1$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$ . Die benötigte Zeit  $t_{\text{per}}$  zur Verschiebung des Verlaufs des Betrags der Übertragungsfunktion  $|H_{\text{SFN}}(f)|$  um genau eine Periode des

Betragsverlaufs der Übertragungsfunktion  $|H_{\text{SFN}}(f)|$  ergibt sich gemäß Gleichung (10) mit Hilfe von Gleichung (4) unter der Annahme einer Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i$  von  $2\pi$  bei einer vollen Rotation der Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i$ :

5

$$t_{\text{per}} = 2\pi / \Delta\omega_i = 1 / \Delta f_i \quad (10)$$

Wird die Übertragungsfunktion  $H_{\text{SFN}}(f)$  zu zwei verschiedenen Zeitschlitzzen  $\Delta t_{\text{B1}}$  und  $\Delta t_{\text{B2}}$  betrachtet, so ändert sich gemäß Gleichung (4) die aus einer Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_i$  des Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$  resultierende Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i$  in der Übertragungsfunktion  $H_{\text{SFN}}(f)$  über der Zeit  $t$  zwischen dem Zeitschlitz  $\Delta t_{\text{B1}}$  und dem Zeitschlitz  $\Delta t_{\text{B2}}$  und damit auch sein Verlauf über der Frequenz  $f$ . Analog ändert sich auch der Verlauf der zur Übertragungsfunktion  $H_{\text{SFN}}(f)$  korrespondierenden Summenimpulsantwort  $h_{\text{SFN}}(t)$  gemäß Gleichung (8).

Mit der Änderung des Verlaufs der Summenimpulsantwort  $h_{\text{SFN}}(t)$  bei rotierender Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i(t)$  des Senders  $S_i$  vom Zeitschlitz  $\Delta t_{\text{B1}}$  zum Zeitschlitz  $\Delta t_{\text{B2}}$  ändert sich auch der Verlauf der Impulsantwort  $h_{\text{SFNi}}(t)$  des Senders  $S_i$ , deren Trägerfrequenz  $\omega_i$  sich zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$  verschoben hat. Die Phasenwinkelverschiebung  $\Delta\Theta_i(t)$  der zum Sender  $S_i$  gehörigen Impulsantwort  $h_{\text{SFNi}}(t)$  vom Zeitpunkt  $t_{\text{B1}}$  des Zeitschlitzes  $\Delta t_{\text{B1}}$  zum Zeitpunkt  $t_{\text{B2}}$  des Zeitschlitzes  $\Delta t_{\text{B2}}$  ist folglich gemäß Gleichung (11) proportional zum Verlauf der Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_i(t)$  des Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$ .

$$\Delta\Theta_i(t_{\text{B2}}) - \Delta\Theta_i(t_{\text{B1}}) = \Delta\omega_i(t) * (t_{\text{B2}} - t_{\text{B1}}) \quad (11)$$

Aus Vereinfachungsgründen wird davon ausgegangen, daß sich die Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_i(t)$  zwischen den beiden Beobachtungszeitpunkten  $t_{\text{B1}}$  und  $t_{\text{B2}}$  nicht ändert. Gleichung (11) geht unter dieser sinnvollen Voraussetzung über in Gleichung (12).

$$\Delta\Theta_i(t_{B2}) - \Delta\Theta_i(t_{B1}) = \Delta\omega_i * (t_{B2} - t_{B1}) \quad (12)$$

Die erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens  
 5 zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern  
 in einem Gleichwellennetz ergibt sich folglich gemäß Fig.  
 4A aus den nachfolgenden dargestellten Verfahrensschrit-  
 ten:

- 10 In Verfahrensschritt S10 wird die Übertragungsfunktion  
 $H_{SFN}(f)$  des Übertragungskanals von den einzelnen Sendern  
 $S_0, \dots, S_i, \dots, S_n$  des Gleichwellennetzes zur Empfangs-  
 einrichtung E ermittelt. Hierzu können der Verlauf der  
 Übertragungsfunktion  $H_{SFN}(f)$  aus den Koeffizienten des in  
 15 der Empfangseinrichtung E integrierten Entzerrers, die bei  
 an den Übertragungskanal angepaßtem Entzerrer den  
 Koeffizienten der Übertragungsfunktion  $H_{SFN}(f)$  entsprechen,  
 ermittelt werden.
- 20 In Verfahrensschritt S20 werden aus der Übertragungs-  
 funktion  $H_{SFN}(f)$  des Übertragungskanals mittels diskreter  
 inverser Fourier-Transformation die Verläufe der zugehö-  
 rigen komplexen Summenimpulsantworten  $\underline{h}_{SFN1}(t)$  und  $\underline{h}_{SFN2}(t)$  zu  
 den beiden Zeitpunkten  $t_{B1}$  des Zeitschlitzes  $\Delta t_{B1}$  und  $t_{B2}$  des  
 25 Zeitschlitzes  $\Delta t_{B2}$  berechnet. Hierbei handelt es sich um  
 zeitdiskrete komplexe Summenimpulsantworten  $\underline{h}_{SFN1}(t)$  und  
 $\underline{h}_{SFN2}(t)$  zu einzelnen Abtastzeitpunkten  $t$ .

Aus den beiden zeitdiskreten Verläufen der komplexen  
 30 Summenimpulsantworten  $\underline{h}_{SFN1}(t)$  und  $\underline{h}_{SFN2}(t)$  werden im  
 Verfahrensschritt S30 die zu den im Gleichwellennetz  
 beteiligten Sendern  $S_i$  jeweils gehörigen Verläufe der  
 komplexen Impulsantworten  $\underline{h}_{SFN1i}(t)$  und  $\underline{h}_{SFN2i}(t)$  zu den  
 Zeitpunkten  $t_{B1}$  und  $t_{B2}$  herausgefiltert.

35

Alternativ zur obig dargestellten Ermittlung der Über-  
 tragungsfunktion  $H_{SFN}(f)$  des Übertragungskanals aus den  
 Koeffizienten des in der Empfangseinrichtung integrierten  
 Entzerrers ist beim digitalen terrestrischen TV-Rundfunk

eine Ermittlung der Übertragungsfunktion  $H_{\text{SPN}}(f)$  des Übertragungskanal aus den DVB-T-Symbolen der verstreuten Trägerpiloten möglich.

- 5 Diese zeitdiskreten Verläufe der Impulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t)$  und  $\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t)$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zu den Zeitpunkten  $t_{\text{B1}}$  und  $t_{\text{B2}}$  sind jeweils komplexe Zahlenfolgen. Aus diesen komplexen Verläufen der Impulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t)$  und  $\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t)$  werden im Verfahrensschritt S40 die zugehörigen
- 10 zeitdiskreten Phasenverläufe  $\arg(\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t))$  und  $\arg(\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t))$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zu den Zeitpunkten  $t_{\text{B1}}$  und  $t_{\text{B2}}$  ermittelt. Alternativ kann zu diesem Zeitpunkt auch noch keine Zuordnung der Impulsantwort zu den Sendern erfolgen und vorerst können nur Gesamt-Impulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN1}}(t)$  und
- 15  $\underline{h}_{\text{SFN2}}(t)$  verrechnet werden.

Durch Subtraktion der zeitdiskreten Phasenverläufe  $\arg(\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t))$  und  $\arg(\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t))$  der Impulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t)$  und  $\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t)$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zu den Zeitpunkten  $t_{\text{B1}}$  und  $t_{\text{B2}}$  erhält man eine Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{\text{B2}}-t_{\text{B1}})$  der Phasenverschiebung des jeweiligen Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  zwischen den Zeitpunkten  $t_{\text{B2}}$  und  $t_{\text{B1}}$ , die über der Zeit konstant ist und der Differenz der Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i(t_{\text{B2}})$  zum Zeitpunkt  $t_{\text{B2}}$  und der

20 Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i(t_{\text{B1}})$  zum Zeitpunkt  $t_{\text{B1}}$  des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  entspricht. Diese wird im Verfahrensschritt S50 gemäß Gleichung (13) resultierend aus Gleichung (8) berechnet:

$$\begin{aligned}
 30 \quad \Delta\Delta\Theta_i(t_{\text{B2}}-t_{\text{B1}}) &= \arg(\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t)) - \arg(\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t)) \\
 &= \Delta\Theta_i(t_{\text{B2}}) - \Delta\Theta_i(t_{\text{B1}}) \quad (13)
 \end{aligned}$$

Die Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{\text{B2}}-t_{\text{B1}})$  der Phasenverschiebung des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  zwischen den Zeitpunkten  $t_{\text{B1}}$  und  $t_{\text{B2}}$  kann u.U. Werte kleiner  $-\pi$  annehmen, die außerhalb des zulässigen Wertebereiches liegen. Von daher wird im Verfahrensschritt S60 in Zeitbereichen, in denen die Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{\text{B2}}-t_{\text{B1}})$  der Phasenverschiebung des Senders  $S_i$  zum

35

Bezugssender  $S_0$  zwischen den Zeitpunkten  $t_{B1}$  und  $t_{B2}$  Werte kleiner  $-\pi$  annimmt, die Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$  der Phasenverschiebung gemäß Gleichung (14) um den Wert  $2*\pi$  erhöht.

5

$$\begin{aligned} \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) &= \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) + 2*\pi \\ &\text{für } \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) \leq -\pi \end{aligned} \quad (14)$$

10 Nimmt die Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$  der Phasenverschiebung des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  zwischen den Zeitpunkten  $t_{B1}$  und  $t_{B2}$  Werte größer  $+\pi$  an, die außerhalb des zulässigen Wertebereiches liegen, so wird die Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$  der Phasenverschiebung in Verfahrensschritt S65 gemäß  
15 Gleichung (15) um den Wert  $2*\pi$  reduziert.

$$\begin{aligned} \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) &= \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) - 2*\pi \\ &\text{für } \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) > \pi \end{aligned} \quad (15)$$

20 Die in den Verfahrensschritten S60 und S65 durchgeführten Begrenzungen der Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$  der Phasenverschiebung des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  zwischen den Zeitpunkten  $t_{B1}$  und  $t_{B2}$  gemäß der Gleichungen (13) und (14) gewährleisten einen eindeutigen Phasenwert  
25 im Bereich von  $-\pi$  bis  $+\pi$ .

In Verfahrensschritt S70 wird gemäß Gleichung (16) der Verlauf der Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_i$  des Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$  zwischen den  
30 Zeitpunkten  $t_{B1}$  und  $t_{B2}$  resultierend aus Gleichung (12) und (13) aus der Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$  der Phasenverschiebung des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  zwischen den Zeitpunkten  $t_{B1}$  und  $t_{B2}$  berechnet.

$$\begin{aligned} \Delta\omega_i &= [\Delta\Theta_i(t_{B2}) - \Delta\Theta_i(t_{B1})] / (t_{B2} - t_{B1}) \\ &= \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) / (t_{B2} - t_{B1}) \end{aligned} \quad (16)$$

Da sich über der Zeit  $t$  zur Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i(t)$  des Empfangssignals  $e_i(t)$  des Senders  $S_i$  aufgrund einer Träger-



frequenzverschiebung  $\Delta\omega_i$  des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  zusätzliche Phasenänderungen, beispielsweise aufgrund von Phasenrauschen, überlagern können, wie dies in Fig. 5A dargestellt ist, ist eine entsprechende Bereinigung der Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$  der Phasenverschiebung des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  zwischen zwei Beobachtungszeitpunkten  $t_{B1}$  und  $t_{B2}$  von derartigen Phasenstörungen durchzuführen. Diese Bereinigung erfolgt in der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von Sendern in einem Gleichwellennetz gemäß Fig. 4B.

Im Unterschied zur ersten Ausführungsform in Fig. 4A werden in der zweiten Ausführungsform in Fig. 4B in Verfahrensschritt S50 die Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(\Delta t_B)$  der Phasenverschiebung des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  innerhalb eines Zeitintervalls  $\Delta t_B$  nicht nur zwischen den Beobachtungszeitpunkten  $t_{B1}$  und  $t_{B2}$  ermittelt, sondern zu mehreren anderen Beobachtungszeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$ , die gemäß Gleichung (17) durch ein Zeitintervall  $\Delta t_B$  voneinander getrennt sind.

$$\Delta t_B = t_{B(j+1)} - t_{Bj} \quad \text{für } j = 1, 2, 3, \dots \quad (17)$$

Hierzu wird in Verfahrensschritt S20 der zeitdiskrete Verlauf der komplexen Summenimpulsantwort  $\underline{h}_{SPNj}(t)$  und  $\underline{h}_{SPN(j+1)}(t)$  jeweils zu den Beobachtungszeitpunkten  $t_j$  und  $t_{j+1}$  ermittelt.

Analog wird in Verfahrensschritt S30 aus den zeitdiskreten Verläufen der komplexen Summenimpulsantworten  $\underline{h}_{SPNj}(t)$  und  $\underline{h}_{SPN(j+1)}(t)$  die zeitdiskreten Verläufe der komplexen Impulsantworten  $\underline{h}_{SPNji}(t)$  und  $\underline{h}_{SPN(j+1)i}(t)$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zu den Zeitpunkten  $t_j$  und  $t_{j+1}$  ausgeblendet.

Schließlich werden in Verfahrensschritt S40 aus den zeitdiskreten Verläufen der komplexen Impulsantworten  $\underline{h}_{SPNji}(t)$  und  $\underline{h}_{SPN(j+1)i}(t)$  die Phasenverläufe  $\arg(\underline{h}_{SPNji}(t))$  und

$\arg(h_{\text{SFN}(j+1)i}(t))$  des Senders  $S_i$  zu den Zeitpunkten  $t_j$  und  $t_{j+1}$  ermittelt.

Die Subtraktion des Phasenverlaufs  $\arg(h_{\text{SFN}ji}(t))$  vom  
 5 Phasenverlauf  $\arg(h_{\text{SFN}(j+1)i}(t))$  in Verfahrensschritt S50  
 führt zur Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$  der  
 Phasenverschiebung des jeweiligen Senders  $S_i$  zum  
 Bezugssender  $S_0$  zwischen den Zeitpunkten  $t_{B(j+1)}$  und  $t_{Bj}$ , die  
 der Differenz der Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)})$  zum  
 10 Zeitpunkt  $t_{B(j+1)}$  und der Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i(t_{Bj})$  zum  
 Zeitpunkt  $t_{Bj}$  des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  entspricht.

Die Begrenzung der Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$   
 der Phasenverschiebung des jeweiligen Senders  $S_i$  zum  
 15 Bezugssender  $S_0$  zwischen den Zeitpunkten  $t_{B(j+1)}$  und  $t_{Bj}$  auf  
 den zulässigen Wertebereich zwischen  $-\pi$  und  $+\pi$  erfolgt in  
 den Verfahrensschritten S60 und S65.

Im Verfahrensschritt S70 wird aus der Phasenverschiebungsdifferenz  
 20  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$  der Phasenverschiebung des  
 jeweiligen Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  zwischen den  
 Zeitpunkten  $t_{B(j+1)}$  und  $t_{Bj}$  die Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_{ij}$   
 des Senders  $S_i$  basierend auf der Phasenverschiebungsdifferenz  
 $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$  der Phasenverschiebung zu den  
 25 Beobachtungszeitpunkten  $t_j$  und  $t_{j+1}$  berechnet.

Die Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_{ij}$  des Senders  $S_i$  zum  
 Bezugssender  $S_0$  auf der Basis der Phasenverschiebungsdifferenz  
 $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$  der Phasenverschiebung zu den  
 30 Beobachtungszeitpunkten  $t_j$  und  $t_{j+1}$  wird zu unterschiedlichen  
 Beobachtungszeitpunkten  $t_j$  und  $t_{j+1}$  insgesamt  
 $j_{\max}$ -mal wiederholt ermittelt und berechnet.

Die insgesamt  $j_{\max}$  berechneten Trägerfrequenzverschiebungen  
 35  $\Delta\omega_{ij}$  des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  werden anschließend  
 im Verfahrensschritt S80 einer Mittelung zugeführt, um den  
 Einfluß der obengenannten Phasenstörungen, beispielsweise  
 aufgrund von Phasenrauschen, auf die

Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_i$  zu beseitigen bzw. zu minimieren.

Die Mittelung kann auch in Form einer Pipeline-Struktur erfolgen, bei der der jeweils älteste Wert verworfen wird. Eine Speicher-sparende Variante ist eine rekursive Mittelung.

Ein beispielhafter Verlauf einer derart von Phasenstörungen bereinigten Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_i$  eines Senders  $S_i$  zu einem Bezugssender  $S_0$  ist in Fig. 5B dargestellt.

Eine Vorrichtung zur Überwachung der Trägerfrequenzstabilität von mehreren Sendern in einem Gleichwellennetz ist in Fig. 1 dargestellt.

Das Gleichwellennetz in Fig. 1 besteht beispielsweise aus den fünf Sendern  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  und  $S_5$ . Die Sendesignale der Sender  $S_1$  bis  $S_5$  werden von einer Empfangseinrichtung E empfangen. Die Empfangseinrichtung E ist mit einer elektronischen Datenverarbeitungseinheit 1 verbunden. In einer Einheit 11 zur Ermittlung der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals wird auf der Basis der von der Empfangseinrichtung E empfangenen Sendesignale der Sender  $S_1$  bis  $S_5$  die Übertragungsfunktion  $H_{SFN}(f)$  des Übertragungskanals von den Sendern  $S_1$  bis  $S_5$  zur Empfangseinrichtung E ermittelt. Hierbei bedient man sich der Koeffizienten des in der Empfangseinrichtung E integrierten Entzerrers, die bei einem an den Übertragungskanal abgeglichenen Entzerrer den Koeffizienten der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals entsprechen.

Alternativ kann die Übertragungsfunktion  $H_{SFN}(f)$  des Übertragungskanals von den Sendern  $S_1$  bis  $S_5$  zur Empfangseinrichtung E aus den verstreuten Pilotenträgern eines DVB-T-Signals beim digitalen terrestrischen TV-Rundfunks unter Umgehung der Einheit 11 ermittelt werden.

In einer sich anschließenden Einheit 12 zur Durchführung der inversen Fourier-Transformation werden aus der Übertragungsfunktion  $H_{\text{SFN}}(f)$  des Übertragungskanals die zeitdiskreten Verläufe der komplexen Summenimpulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN}j}(t)$  und  $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)}(t)$  zu den Beobachtungszeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$  berechnet.

In einer sich anschließenden Einheit 13 zur Ausblendung der Impulsantwort für jeden Sender aus der Summenimpulsantwort werden aus den zeitdiskreten Verläufen der komplexen Summenimpulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN}j}(t)$  und  $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)}(t)$  die zeitdiskreten Verläufe der komplexen Impulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN}ji}(t)$  und  $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$  für jeden Sender  $S_i$  des Gleichwellennetzes zu den Zeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$  ausgeblendet.

In einer sich anschließenden Einheit 14 zur Ermittlung des Phasenverlaufs der Impulsantwort werden aus den zeitdiskreten Verläufen der komplexen Impulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN}ji}(t)$  und  $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$  die zeitdiskreten Phasenverläufe  $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}ji}(t))$  und  $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t))$  der Impulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN}ji}(t)$  und  $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$  zu den Zeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$  berechnet.

In einer sich anschließenden Einheit 15 zur Berechnung der Differenz der Phasenverschiebungen und der Trägerfrequenzverschiebung jedes Senders zur Trägerfrequenz eines Bezugssenders werden aus den zeitdiskreten Phasenverläufen  $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}ji}(t))$  und  $\arg(\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t))$  der Impulsantworten  $\underline{h}_{\text{SFN}ji}(t)$  und  $\underline{h}_{\text{SFN}(j+1)i}(t)$  zu den Zeitpunkten  $t_j$  und  $t_{j+1}$  die Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)} - t_{Bj})$  der Phasenverschiebungen eines Senders  $S_i$  zu einem Bezugssender  $S_0$  zu den Beobachtungszeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$  berechnet, die der Differenz der Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i(t_{Bj})$  und  $\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)})$  des Senders  $S_i$  zum Bezugssender  $S_0$  zu den Zeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$  entspricht, und darauf aufbauend die Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_{ij}$  für jeden Sender  $S_i$  zu einem Bezugssender  $S_0$  auf der Basis einer ermittelten Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)} - t_{Bj})$  der

Phasenverschiebungen zu Beobachtungszeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$  abgeleitet.

In einer Einheit 2 der tabellarischen und/oder grafischen  
5 Darstellung der Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_i$  aller  
Sender  $S_i$ , die an die elektronische Datenverarbeitungseinheit 1 angeschlossen ist, werden die Trägerfrequenzverschiebungen  $\Delta\omega_i$  jedes Senders  $S_i$  zu einem Bezugssender  $S_0$  des Gleichwellennetzes entweder tabellarisch oder grafisch  
10 dargestellt.

Hinsichtlich der gleichzeitigen Darstellung der Amplitudenabweichung und der Trägerfrequenzabweichung eines Senders  $S_i$  zu einem Bezugssender  $S_0$  zu einem bestimmten  
15 Beobachtungszeitpunkt  $t_{Bi}$  in einer Grafik bietet sich einerseits eine dreidimensionale Darstellung mit der Zeit  $t$  als erste Dimension, der Frequenzabweichung  $\Delta\omega_i$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$  als zweite Dimension und schließlich der  
20 Amplitudenabweichung  $\Delta A_i$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zur Amplitude  $A_0$  des Bezugssenders  $S_0$  als dritte Dimension an. Wird der Bezugssender  $S_0$  normiert auf seine Amplitude  $A_0$  zum Zeitpunkt  $t=0$  in die dreidimensionale Grafik gesetzt, so wird entsprechend Fig. 6A jeder Sender  $S_i$  entsprechend  
25 der jeweiligen Amplituden- und Trägerfrequenzabweichung  $\Delta A_i$  und  $\Delta\omega_i$  durch einen Punkt in der Grafik repräsentiert. Andererseits wird bei einer zweidimensionalen Darstellung gemäß Fig. 6B die Zeit  $t$  in der Abszisse und die Amplitudenabweichung  $\Delta A_i$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zur  
30 Amplitude  $A_0$  des Bezugssenders  $S_0$  auf der Ordinate aufgetragen, während die Trägerfrequenzabweichung  $\Delta\omega_i$  des jeweiligen Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$  durch einen zur Trägerfrequenzabweichung  $\Delta\omega_i$  korrespondierendes Symbol des zum jeweiligen Sender  $S_i$   
35 gehörigen Punktes charakterisiert wird. Wiederum wird die Amplitude  $A_0$  des Bezugssenders  $S_0$  zum Zeitpunkt  $t=0$  in die Grafik eingetragen.



Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere sind alle beschriebenen Merkmale beliebig miteinander kombinierbar. Auch eignet sich das beschriebene Verfahren  
5 nicht nur für Signale des DAB- oder DVB-T-Standards, sondern für alle Standards, die SFN ermöglichen, insbesondere auch für Signale des amerikanischen ATSC-Standards.

**Ansprüche**

1. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz ( $\omega_i$ ) von identischen Sendesignalen ( $s_i(t)$ )  
 5 mehrerer Sender ( $S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ ) eines Gleichwellennetzes durch Auswerten der Phasenlage eines zu einem Sendesignal ( $s_i(t)$ ) eines Senders ( $S_i$ ) gehörigen Empfangssignals ( $e_i(t)$ ) in Bezug zu einem Empfangssignal ( $e_0(t)$ ) eines Bezugssenders ( $S_0$ ), die beide von einer im Sendegebiet des  
 10 Gleichwellennetzes positionierten Empfangseinrichtung (E) empfangen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**gekennzeichnet durch**  
 15 Berechnung (S70) einer Trägerfrequenzverschiebung ( $\Delta\omega_i$ ) einer Trägerfrequenz ( $\omega_i$ ) eines Senders ( $S_i$ ) bezüglich einer Referenz-Trägerfrequenz ( $\omega_0$ ) des Bezugssenders ( $S_0$ ) aus einer durch die Trägerfrequenzverschiebung ( $\Delta\omega_i$ ) dieses Senders hervorgerufenen Phasenverschiebungsdifferenz ( $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ ) zwischen einer Phasenverschiebung ( $\Delta\Theta_i(t_{B2})$ ) zu zumindest einem zweiten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{B2}$ ) und einer Phasenverschiebung ( $\Delta\Theta_i(t_{B1})$ ) zu einem ersten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{B1}$ ) eines zum Sendesignal ( $s_i(t)$ ) gehörigen Empfangssignals ( $e_i(t)$ ) dieses Senders  
 20 ( $S_i$ ) in Bezug zu einem zum Sendesignal ( $s_0(t)$ ) gehörigen Empfangssignal ( $e_0(t)$ ) des Bezugssenders ( $S_0$ ).

3. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 2,  
 30 **dadurch gekennzeichnet**,  
 daß der Berechnung (S70) der Trägerfrequenzverschiebung ( $\Delta\omega_i$ ) der Trägerfrequenz ( $\omega_i$ ) des Senders ( $S_i$ ) zur Trägerfrequenz ( $\omega_0$ ) des Bezugssenders ( $S_0$ ) aus der Phasenverschiebungsdifferenz ( $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ ) die folgenden Verfahrensschritte vorausgehen:  
 35 • Ermittlung (S10) einer Übertragungsfunktion ( $H_{SFN}(f)$ ) des Übertragungskanals von den Sendern ( $S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ ) zur Empfangseinrichtung (E),

- Berechnung (S20) eines Verlaufs einer komplexen zeitdiskreten Summenimpulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN1}}(t)$ ) zum ersten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B1}}$ ) und eines Verlaufs einer komplexen zeitdiskreten Summenimpulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN2}}(t)$ ) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B2}}$ ) des Übertragungskanals jeweils aus der Übertragungsfunktion ( $H_{\text{SFN}}(f)$ ) des Übertragungskanals,
- Ausblendung (S30) eines Verlaufs einer komplexen Impulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t)$ ) zum ersten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B1}}$ ) und eines Verlaufs einer komplexen Impulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t)$ ) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B2}}$ ) für jeden Sender ( $S_i$ ) des Gleichwellennetzes jeweils aus dem Verlauf der komplexen Summenimpulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN1}}(t)$ ) zum ersten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B1}}$ ) und aus dem Verlauf der komplexen Summenimpulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN2}}(t)$ ) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B2}}$ ),
- Ermittlung (S40) eines Phasenverlaufs ( $\arg(\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t))$ ) der komplexen Impulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t)$ ) zum ersten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B1}}$ ) und eines Phasenverlaufs ( $\arg(\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t))$ ) der komplexen Impulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t)$ ) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B2}}$ ) für jeden Sender ( $S_i$ ) des Gleichwellennetzes,
- Berechnung (S50) der Phasenverschiebungsdifferenz ( $\Delta\Delta\Theta_i(t_{\text{B2}}-t_{\text{B1}})$ ) zwischen einer Phasenverschiebung ( $\Delta\Theta_i(t_{\text{B2}})$ ) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B2}}$ ) und einer Phasenverschiebung ( $\Delta\Theta_i(t_{\text{B1}})$ ) zum ersten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B1}}$ ) durch Subtraktion eines Phasenverlaufs ( $\arg(\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t))$ ) der komplexen Impulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN1i}}(t)$ ) zum ersten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B1}}$ ) von einem Phasenverlauf ( $\arg(\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t))$ ) der komplexen Impulsantwort ( $\underline{h}_{\text{SFN2i}}(t)$ ) zum zweiten Beobachtungszeitpunkt ( $t_{\text{B2}}$ ) des jeweiligen Senders ( $S_i$ ).

4. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 3,

**gekennzeichnet durch**

- Erhöhen (S60) der Phasenverschiebungsdifferenz ( $\Delta\Delta\Theta_i(t_{\text{B2}}-t_{\text{B1}})$ ) um den Faktor  $2\pi$  im Falle eines Absinkens

der Phasenverschiebungsdifferenz ( $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ ) auf oder unter den Wert  $-\pi$  und

- Reduzieren (S65) der Phasenverschiebungsdifferenz ( $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ ) um den Faktor  $-2*\pi$  im Falle einer Erhöhung der Phasenverschiebungsdifferenz ( $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$ ) über den Wert  $\pi$ .

5. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 3 oder 4,

10 **dadurch gekennzeichnet,**

daß beim digitalen terrestrischen TV-Rundfunk die Übertragungsfunktion des Übertragungskanals von den Sendern ( $S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ ) zur Empfangseinrichtung (E) aus den DVB-T-Symbolen von verstreuten Pilotträgern der nach dem orthogonal-frequency-division-multiplexing-(OFDM)-Verfahren modulierten Empfangssignale ( $e_i(t)$ ) der Sender ( $S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ ) ermittelt wird.

6. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 3,

20 **dadurch gekennzeichnet,**

daß sich die Berechnung (S20) eines Verlaufs einer komplexen zeitdiskreten Summenimpulsantwort  $h_{SFN1/2}(t)$  zum diskreten ersten Beobachtungszeitpunkt  $t_{B1}$  des Übertragungskanals aus der Übertragungsfunktion  $H_{SFN}(f)$  des Übertragungskanals mit Hilfe der Fourier-Transformation entsprechend der Formel

$$h_{SFN1/2}(t) = \sum_{k=0}^{N_F-1} H_{SFN}(k) * e^{j2\pi k t / N_F}$$

30

ergibt,

wobei

35	$H_{SFN}(f)$	die Übertragungsfunktion bzw. der Frequenzgang des Übertragungskanals,
	$N_F$	die Anzahl der Abtastwerte für die diskrete Fourier-Transformation,
	$k$	die diskreten Frequenzwerte,

$t$  die Abtastzeitpunkte der zeitdiskreten  
 Summenimpulsantwort des Übertragungs-  
 kanals und  
 $1/2$  der Index für den Beobachtungszeit-  
 punkt  $t_{B1}$  bzw.  $t_{B2}$   
 bedeuten.

7. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der  
 Trägerfrequenz nach Anspruch 6,

10 **dadurch gekennzeichnet,**

daß sich die Berechnung (S50) der Phasenverschiebungs-  
 differenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$  für jeden Sender  $S_i$  des  
 Gleichwellennetzes entsprechend der Formel

$$\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) = \arg(h_{\text{SFN2}i}(t)) - \arg(h_{\text{SFN1}i}(t))$$

15 ergibt,

wobei

$i$  der Index für den Sender  $S_i$ ,  
 $\arg(h_{\text{SFN2}i}(t))$  der Phasenverlauf der komplexen  
 Impulsantwort  $h_{\text{SFN2}i}(t)$  zum Be-  
 obachtungszeitpunkt  $t_{B2}$  des  
 Senders  $S_i$  und

$\arg(h_{\text{SFN1}i}(t))$  der Phasenverlauf der komplexen  
 Impulsantwort  $h_{\text{SFN1}i}(t)$  zum Be-  
 obachtungszeitpunkt  $t_{B1}$  des  
 Senders  $S_i$

25

bedeuten.

8. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der  
 Trägerfrequenz nach Anspruch 7,

30 **dadurch gekennzeichnet,**

daß sich die Berechnung (S70) der Trägerfrequenzver-  
 schiebung  $\Delta\omega_i$  des Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des  
 Bezugssenders des Gleichwellennetzes entsprechend der  
 Formel

35  $\Delta\omega_i = \Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1}) / (t_{B2}-t_{B1})$

ergibt,

wobei

$i$  der Index für den Sender  $S_i$ ,



$\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$  die Phasenlagendifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B2}-t_{B1})$   
für den Sender  $S_i$  des Gleichwellen-  
netzes und

$t_{B1}, t_{B2}$  die Beobachtungszeitpunkte

5 bedeuten.

9. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der  
Trägerfrequenz nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

10 daß zur eindeutigen Identifizierung der dauerhaften  
Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_i$  des Senders  $S_i$  im Gleich-  
wellennetz zu der Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$  zu  
mehreren Beobachtungszeitpunkten  $t_{Bj}$  die Verfahrensschritte

• Berechnung (S20) des Verlaufs der komplexen zeit-  
15 diskreten Summenimpulsantwort  $\underline{h}_{SFNj}(t)$  und  $\underline{h}_{SFN(j+1)}(t)$  zu den  
Beobachtungszeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$ ,

• Ausblendung (S30) des Verlaufs der komplexen Impuls-  
antwort  $\underline{h}_{SFNji}(t)$  und  $\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t)$  zu den Beobachtungs-  
zeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$  für jeden Sender  $S_i$  des

20 Gleichwellennetzes,

• Ermittlung (S40) der Phasenverläufe  $\arg(\underline{h}_{SFNji}(t))$  und  
 $\arg(\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t))$  der komplexen Impulsantworten  $\underline{h}_{SFNji}(t)$  und  
 $\underline{h}_{SFN(j+1)i}(t)$  zu den Beobachtungszeitpunkten  $t_{Bj}$  und  $t_{B(j+1)}$ ,

• Berechnung (S50) des Phasenverschiebungsdifferenz  
25  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$  zwischen der Phasenverschiebung  $\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)})$   
zum Beobachtungszeitpunkt  $t_{B(j+1)}$  und der Phasenverschiebung  
 $\Delta\Theta_i(t_{Bj})$  zum Beobachtungszeitpunkt  $t_{Bj}$  für jeden Sender  $S_i$   
des Gleichwellennetzes,

• Erhöhung (S60) der Phasenverschiebungsdifferenz  
30  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$  um den Faktor  $2*\pi$  im Falle eines Absinkens  
der Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$  auf oder  
unter den Wert  $-\pi$ ,

• Reduzierung (S65) der Phasenverschiebungsdifferenz  
 $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$  um den Faktor  $-2*\pi$  im Falle einer Erhöhung  
35 der Phasenverschiebungsdifferenz  $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)}-t_{Bj})$  über den  
Wert  $\pi$  und

• Berechnung (S70) der Trägerfrequenzverschiebung  $\Delta\omega_{ij}$   
des Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders des  
Gleichwellennetzes zu mehreren Beobachtungszeitpunkten  $t_{Bj}$ ,

wiederholt durchgeführt werden und anschließend eine Mittelung (S80) aller im Verfahrensschritt (S70) jeweils berechneten Trägerfrequenzverschiebungen  $\Delta\omega_{ij}$  jedes Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  des Bezugssenders  $S_0$  des Gleichwellennetzes zu den Beobachtungszeitpunkten  $t_{bj}$  erfolgt.

10. Verfahren zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 9,

10 **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Mittelung (S80) aller im Verfahrensschritt (S70) berechneten Trägerfrequenzverschiebungen  $\Delta\omega_{ij}$  jedes Senders  $S_i$  zur Trägerfrequenz  $\omega_0$  eines Bezugssenders  $S_0$  des Gleichwellennetzes mit Hilfe eines rekursiven Verfahrens erfolgt.

11. Vorrichtung zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz ( $\omega_i$ ) von identischen Sendesignalen  $s_i(t)$  mehrerer Sender ( $S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ ) eines Gleichwellennetzes mit:

- einer Empfangseinrichtung (E),
- einer Einheit (11) zur Ermittlung einer Übertragungsfunktion ( $H_{SFN}(f)$ ) eines Übertragungskanals von mehreren Sendern ( $S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ ) des Gleichwellennetzes zu der innerhalb des Sendegebietes des Gleichwellennetzes befindlichen Empfangseinrichtung (E),
- einer Einheit (12) zur Durchführung einer inversen Fourier-Transformation,
- einer Einheit (13) zur Ausblendung einer Impulsantwort ( $\underline{h}_{SFNi}(t)$ ) für jeden Sender ( $S_i$ ) aus der Summenimpulsantwort ( $\underline{h}_{SFN}(t)$ ),
- einer Einheit (14) zur Ermittlung des Phasenverlaufs ( $\arg(\underline{h}_{SFNi}(t))$ ) der Impulsantwort ( $\underline{h}_{SFNi}(t)$ ) für jeden Sender ( $S_i$ ),
- einer Einheit (15) zur Berechnung der Phasenverschiebungsdifferenz ( $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)} - t_{Bj})$ ) der Phasenverschiebung ( $\Delta\Theta_i$ ) eines Senders ( $S_i$ ) zu einem Bezugssender ( $S_0$ ) zu zumindest zwei verschiedenen Zeitpunkten ( $(t_{Bj}, t_{B(j+1)})$ ) und

der Trägerfrequenzverschiebung ( $\Delta\omega_i$ ) jedes Senders ( $S_i$ ) zur Trägerfrequenz ( $\omega_0$ ) des Bezugssenders ( $S_0$ ) und

- einer Einheit (2) zur Darstellung der berechneten Trägerfrequenzverschiebung ( $\Delta\omega_i$ ) jedes Senders ( $S_i$ ) zur Trägerfrequenz ( $\omega_0$ ) des Bezugssenders ( $S_0$ ) des Gleichwellennetzes.

12. Vorrichtung zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz ( $\omega_i$ ) von identischen Sendesignalen  $s_i(t)$  mehrerer Sender ( $S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ ) eines Gleichwellennetzes mit:

- einer Empfangseinrichtung (E),
- einer Einheit (16) zur Ermittlung einer Übertragungsfunktion ( $H_{SFN}(f)$ ) aus Pilotträgern der Empfangssignale ( $e_i(t)$ ),
- einer Einheit (13) zur Ausblendung einer Impulsantwort ( $\underline{h}_{SFNi}(t)$ ) für jeden Sender ( $S_i$ ) aus der Summenimpulsantwort ( $\underline{h}_{SFN}(t)$ ),
- einer Einheit (14) zur Ermittlung des Phasenverlaufs ( $\arg(\underline{h}_{SFNi}(t))$ ) der Impulsantwort ( $\underline{h}_{SFNi}(t)$ ) für jeden Sender ( $S_i$ ),
- einer Einheit (15) zur Berechnung der Phasenverschiebungsdifferenz ( $\Delta\Delta\Theta_i(t_{B(j+1)} - t_{Bj})$ ) der Phasenverschiebung ( $\Delta\Theta_i$ ) eines Senders ( $S_i$ ) zu einem Bezugssender ( $S_0$ ) zu zumindest zwei verschiedenen Zeitpunkten ( $(t_{Bj}, t_{B(j+1)})$ ) und der Trägerfrequenzverschiebung ( $\Delta\omega_i$ ) jedes Senders ( $S_i$ ) zur Trägerfrequenz ( $\omega_0$ ) des Bezugssenders ( $S_0$ ) und
- einer Einheit (2) zur Darstellung der berechneten Trägerfrequenzverschiebung ( $\Delta\omega_i$ ) jedes Senders ( $S_i$ ) zur Trägerfrequenz ( $\omega_0$ ) des Bezugssenders ( $S_0$ ) des Gleichwellennetzes.

13. Vorrichtung zur Überwachung der Stabilität der Trägerfrequenz nach Anspruch 11 oder 12,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Einheit (2) zur Darstellung der berechneten Trägerfrequenzverschiebung ( $\Delta\omega_i$ ) jedes Senders ( $S_i$ ) zur Trägerfrequenz ( $\omega_0$ ) des Bezugssenders ( $S_0$ ) eine

tabellarische und/oder grafische Darstellungseinrichtung  
aufweist.

1/6

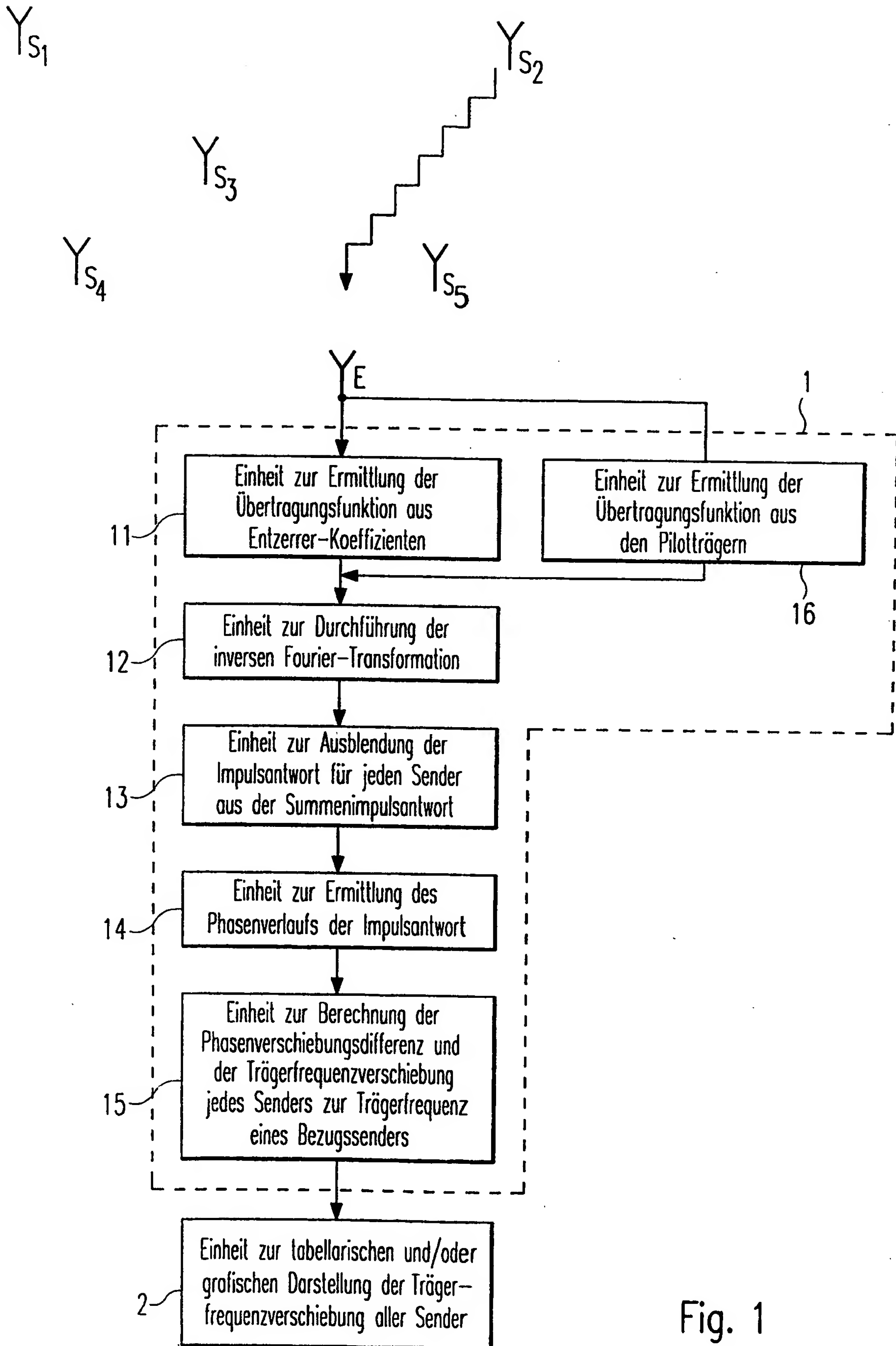


Fig. 1



2/6

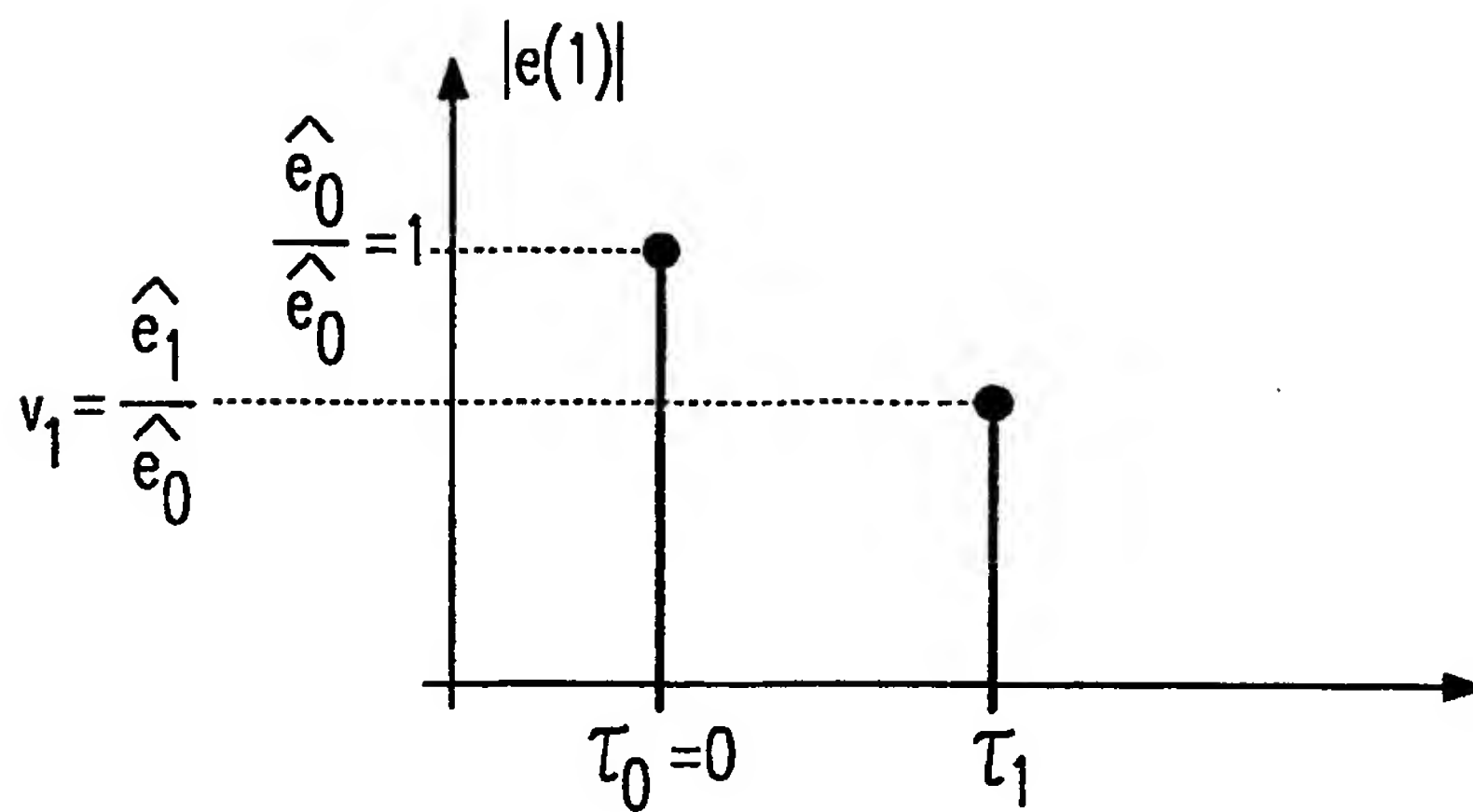


Fig. 2

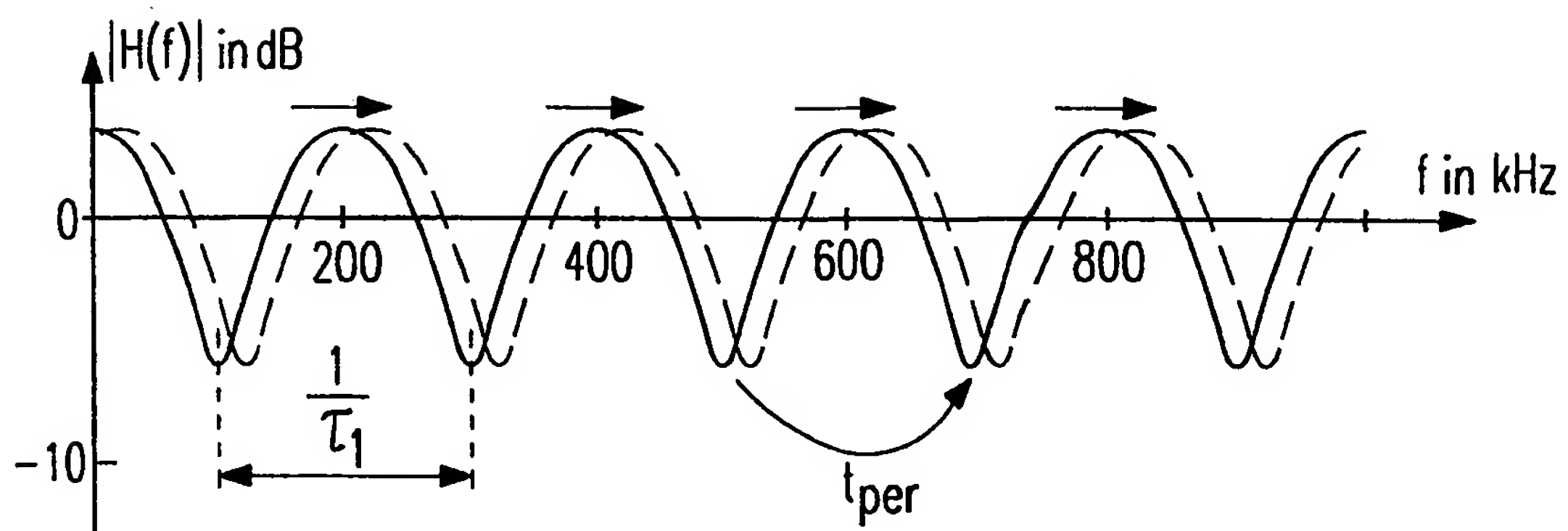


Fig. 3

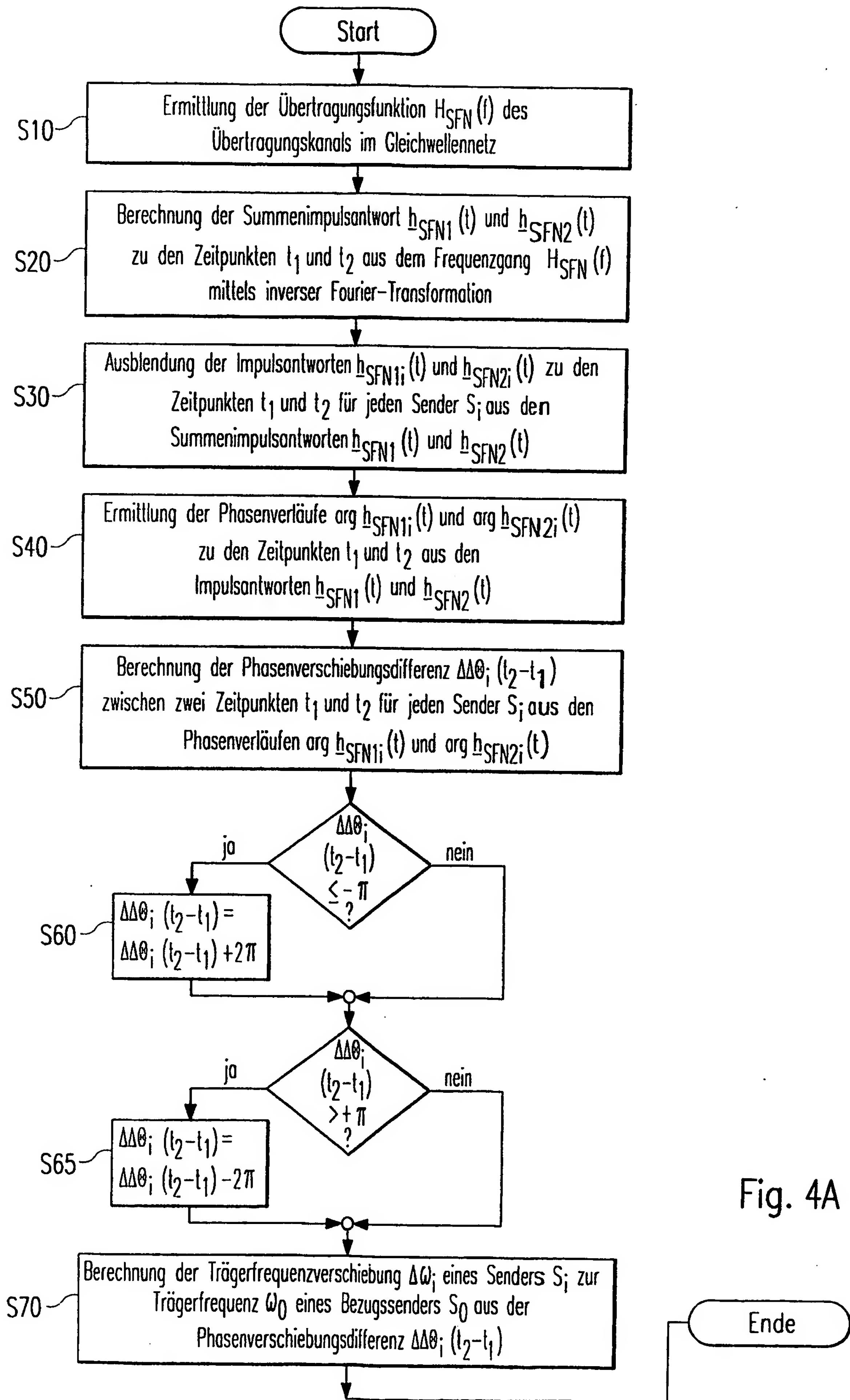


Fig. 4A

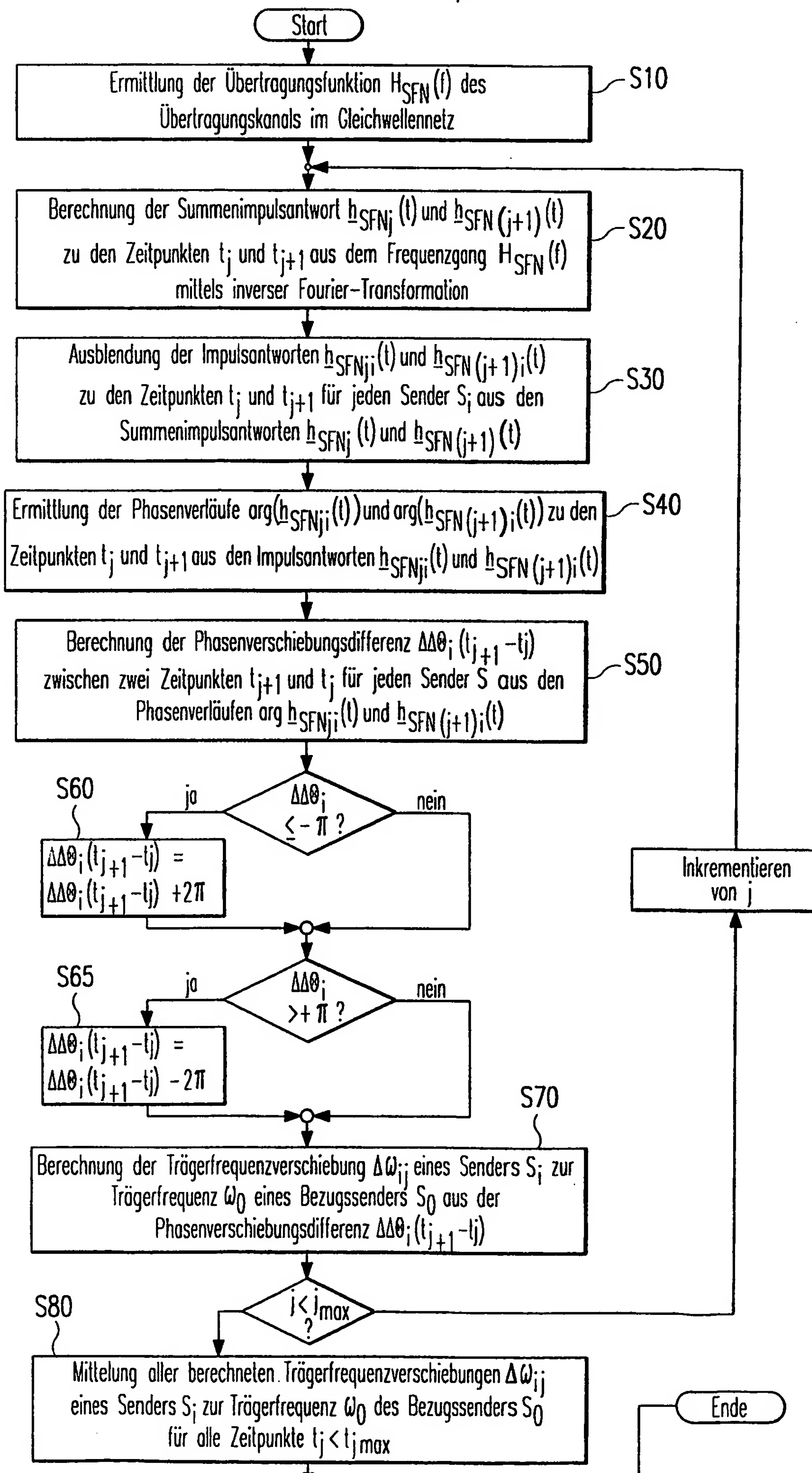
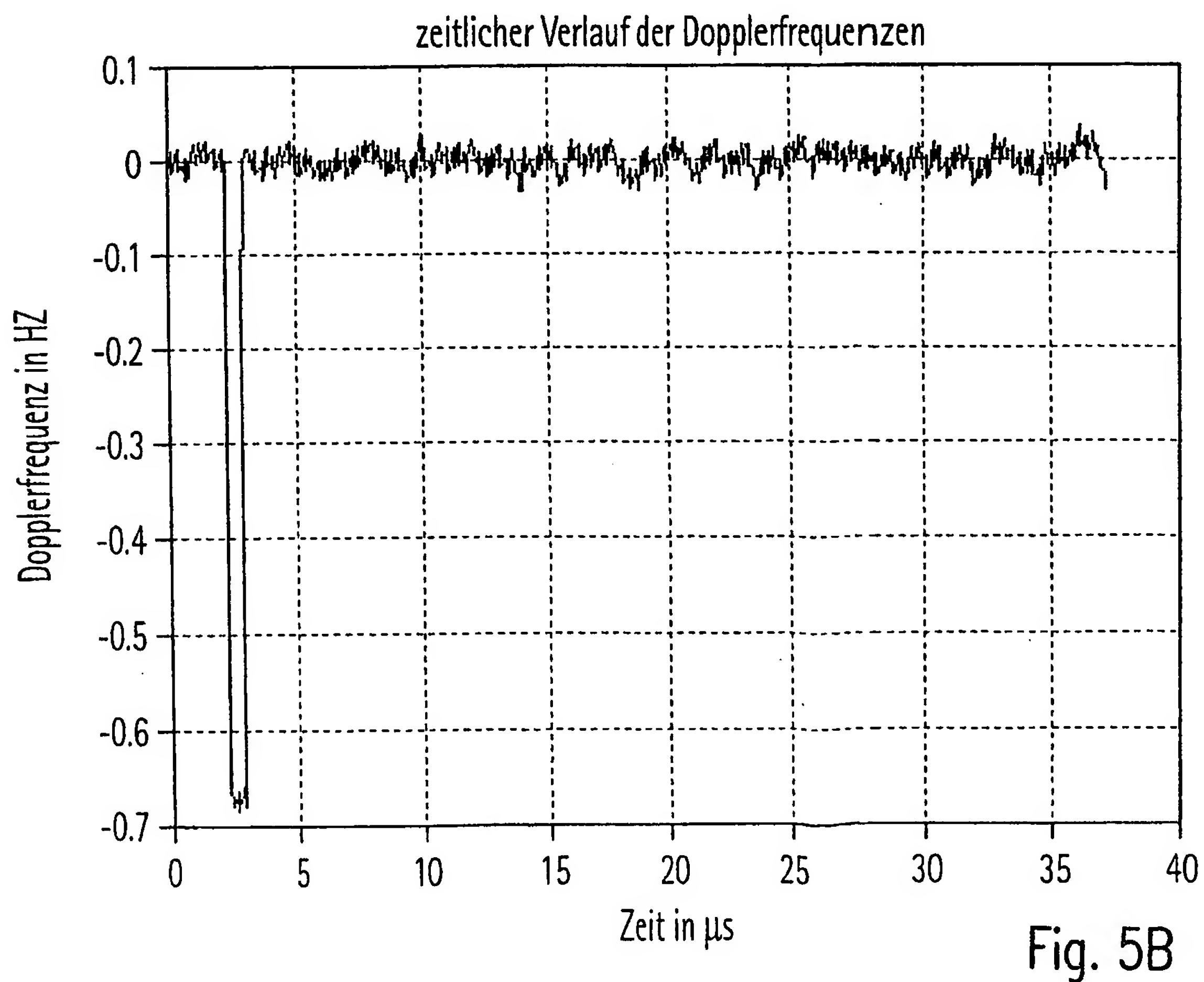
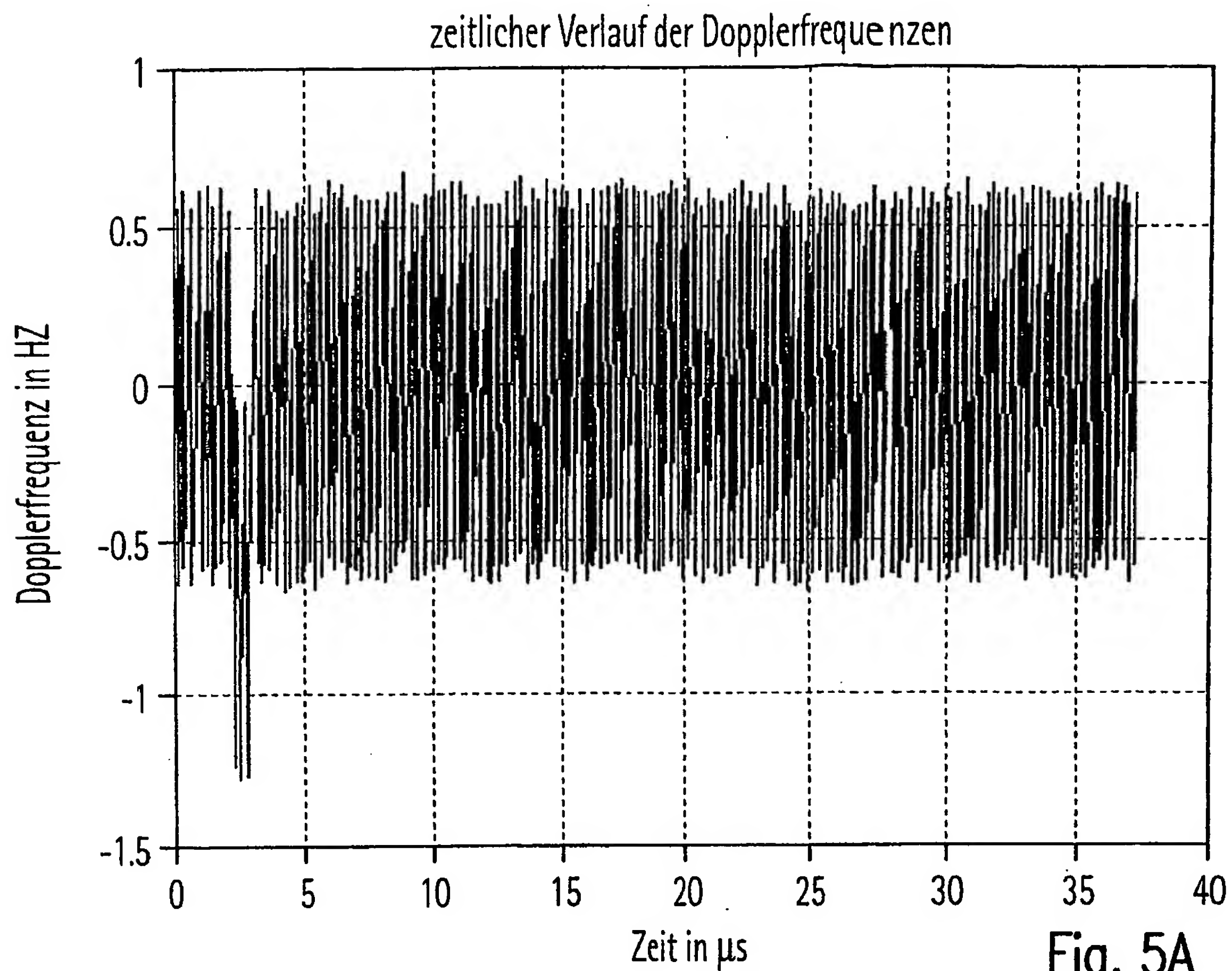


Fig. 4B

5/6



6/6

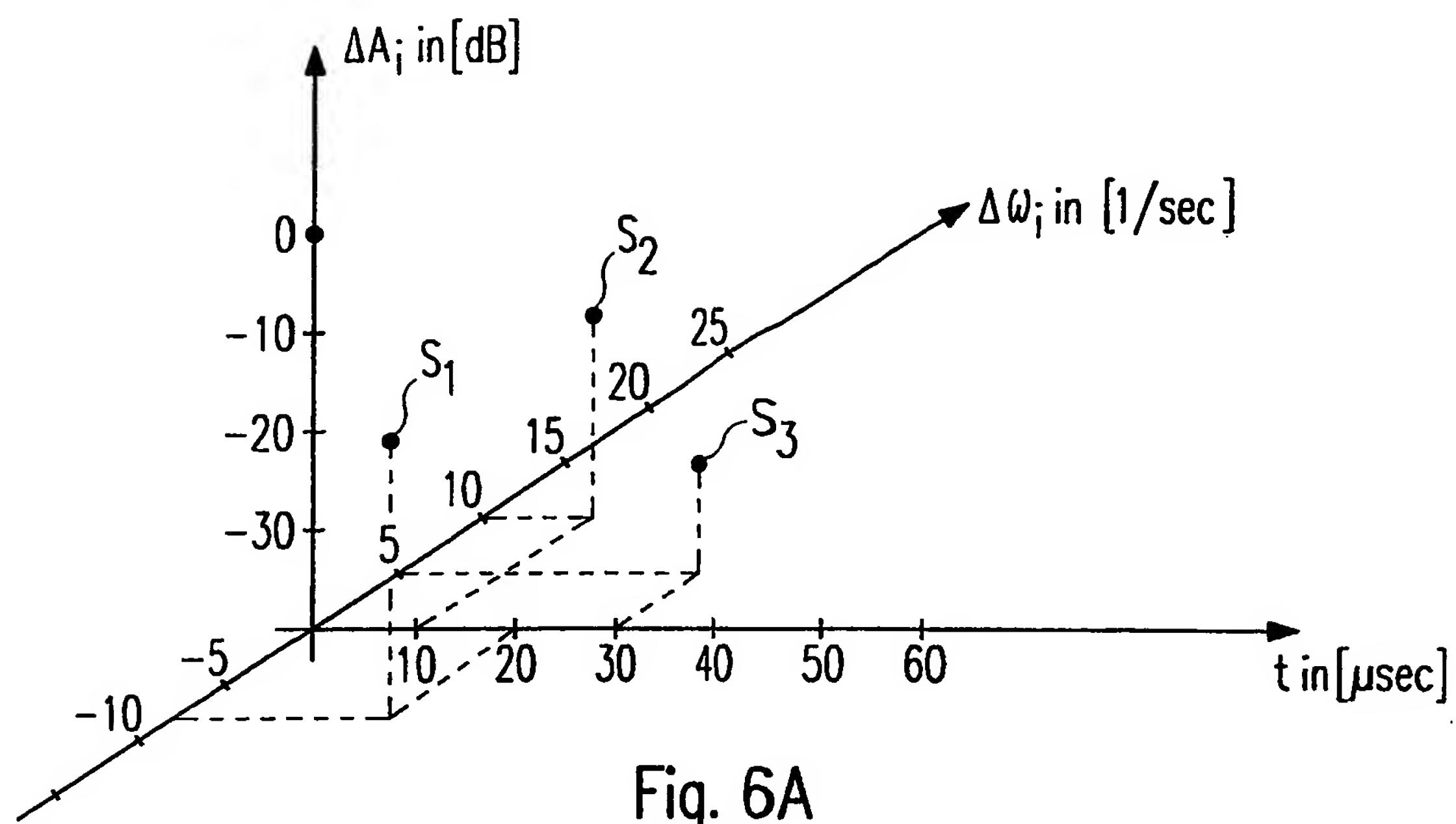


Fig. 6A

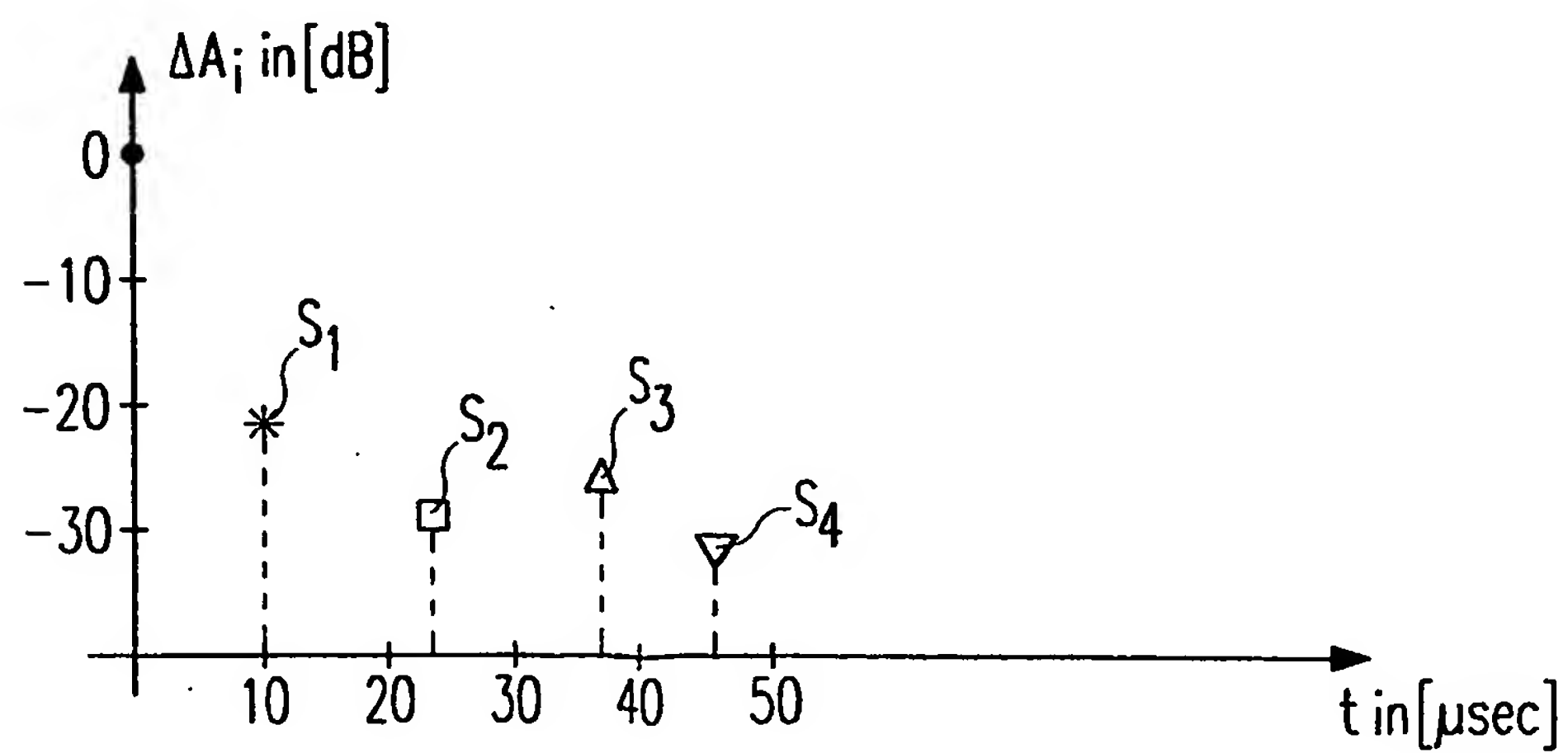


Fig. 6B



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/011869

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H04H3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H04H H04B H04Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 689 808 A (SANDAHN ET AL) 18 November 1997 (1997-11-18)	1
A	the whole document	2,11,12
X	US 4 188 582 A (CANNALTE, GARY A ET AL) 12 February 1980 (1980-02-12)	1
A	the whole document	11,12
A	DE 43 30 054 A1 (MOTOROLA, INC., SCHAUMBURG, ILL., US) 7 April 1994 (1994-04-07) column 6, line 64 - column 7, line 10	1,11,12
A	EP 1 063 799 A (SWISSCOM AG) 27 December 2000 (2000-12-27) cited in the application the whole document	1,11-13
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 April 2005

Date of mailing of the international search report

28/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Horn, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/011869

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 37 457 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 6 December 2001 (2001-12-06) cited in the application the whole document	1,11,12
A	DE 43 41 211 C1 (GRUNDIG E.M.V. ELEKTRO-MECHANISCHE VERSUCHSANSTALT MAX GRUNDIG HOLLAEN) 20 April 1995 (1995-04-20) cited in the application the whole document	1,11,12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/011869

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5689808	A	18-11-1997	NONE	
US 4188582	A	12-02-1980	CA 1113545 A1 DE 2962016 D1 EP 0004702 A1 JP 54137909 A	01-12-1981 11-03-1982 17-10-1979 26-10-1979
DE 4330054	A1	07-04-1994	GB 2271248 A ,B US 5423058 A	06-04-1994 06-06-1995
EP 1063799	A	27-12-2000	EP 1063799 A1 AT 247348 T DE 59906593 D1	27-12-2000 15-08-2003 18-09-2003
DE 19937457	A1	06-12-2001	EP 1076427 A2	14-02-2001
DE 4341211	C1	20-04-1995	AT 213885 T DE 59410061 D1 EP 0656702 A1 PT 656702 T	15-03-2002 04-04-2002 07-06-1995 31-07-2002

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/011869

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04H3/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H04H H04B H04Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 689 808 A (SANDAHN ET AL) 18. November 1997 (1997-11-18)	1
A	das ganze Dokument	2, 11, 12
X	US 4 188 582 A (CANNALTE, GARY A ET AL) 12. Februar 1980 (1980-02-12)	1
A	das ganze Dokument	11, 12
A	DE 43 30 054 A1 (MOTOROLA, INC., SCHAUMBURG, ILL., US) 7. April 1994 (1994-04-07) Spalte 6, Zeile 64 - Spalte 7, Zeile 10	1, 11, 12
A	EP 1 063 799 A (SWISSCOM AG) 27. Dezember 2000 (2000-12-27) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1, 11-13
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :  
 \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist  
 \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
 \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)  
 \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht  
 \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist  
 \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden  
 \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist  
 \*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. April 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/04/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Horn, R

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/011869

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 199 37 457 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 6. Dezember 2001 (2001-12-06) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1,11,12
A	DE 43 41 211 C1 (GRUNDIG E.M.V. ELEKTRO-MECHANISCHE VERSUCHSANSTALT MAX GRUNDIG HOLLAEN) 20. April 1995 (1995-04-20) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1,11,12



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/011869

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5689808	A	18-11-1997	KEINE		
US 4188582	A	12-02-1980	CA	1113545 A1	01-12-1981
			DE	2962016 D1	11-03-1982
			EP	0004702 A1	17-10-1979
			JP	54137909 A	26-10-1979
DE 4330054	A1	07-04-1994	GB	2271248 A , B	06-04-1994
			US	5423058 A	06-06-1995
EP 1063799	A	27-12-2000	EP	1063799 A1	27-12-2000
			AT	247348 T	15-08-2003
			DE	59906593 D1	18-09-2003
DE 19937457	A1	06-12-2001	EP	1076427 A2	14-02-2001
DE 4341211	C1	20-04-1995	AT	213885 T	15-03-2002
			DE	59410061 D1	04-04-2002
			EP	0656702 A1	07-06-1995
			PT	656702 T	31-07-2002

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**